

EKSPERIMEN KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI MENGGUNAKAN *FLY-ASH* DAN *WATER REDUCER AND RETARDER* DIGUNAKAN PADA BANGUNAN GEDUNG

Januar Sasongko^{1*}, Iqbal¹

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Yudharta

Email korespondensi: januarongki@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah material konstruksi yang paling sering dipakai didunia teknik sipil pada saat ini, karena sifat beton memiliki banyak kelebihan seperti, memiliki kekuatan tekan tinggi sehingga dapat menompang komponen setruktur, dan biaya pemeliharaan lebih murah. Beton agar bisa menompang komponen struktur berat, maka perlu adanya beton mutu tinggi yang kekuatan tekannya melebihi 40 MPa. Dengan demikian diperlu adanya peningkatan mutu beton dengan langkah menambah sebagian semen dengan *Fly-ash* dan *Water Reducer & Retarding*. Untuk metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Dalam hal ini benda uji menggunakan bentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, serta pengujian kuat tekan dilakukan pada beton berumur 28 hari dengan menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*). Untuk variasi benda uji ada 3 macam masing-masing benda uji berjumlah 20 buah. Presentase penggantian sebagian semen dengan *Fly-ash* yang digunakan adalah TM1 0%, TM2 10%, TM3 15%. Perhitungan yang digunakan adalah analisis statistik dengan metode ANOVA. Hasil dari penelitian ini adalah nilai rata-rata kuat tekan, *setandard deviation*, dan sebaran F. Nilai kuat tekan rata-rata beton dengan kadar penambahan *Fly-ash* sebesar 0%; 10%; dan 15% adalah 55,34 MPa; 58,05 MPa; dan 44,27 MPa. Nilai *setandard deviation* dengan mengganti sebagian semen dengan *Fly-ash* sebesar 0%; 10%; dan 15% adalah 83,57; 49,75; dan 80,52. Nilai sebaran F sebagai perbandingan antara benda uji beton normal dengan beton dengan penambahan *Fly-ash* TM1 dengan TM2; dan TM1 dengan TM3 adalah 5,112; dan 11,836. TM2 menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata paling tinggi yaitu 58,04 MPa, dengan *setandard deviation* 49,75 menunjukkan nilai rata-rata kuat tekan lebih stabil.

Kata kunci : *Water Reducer & Retarding*, Beton Mutu Tinggi, *Fly-ash*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang sering dipakai pada saat ini, mulai dari jalan, gedung bertingkat tinggi, dan saluran irigasi, karena beton memiliki kelebihan yaitu, memiliki kuat tekan sangat tinggi, biaya pemeliharaan lebih rendah, dan cocok pada kondisi apapun.

Bahan dasar membuat beton terdiri dari semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan menambahkan atau tidak menambahkan bahan lain jika di butuhkan. Sebagian konstruksi membutuhkan beton mutu tinggi seperti gedung bertingkat tinggi, struktur jembatan, dibutuhkan struktur yang kuat agar dapat menahan beban hidup ataupun beban mati pada bangunan tersebut. Beton mutu tinggi memiliki kekuatan khusus diatas 40Mpa, maka beton mutu tinggi memiliki proporsi khusus yaitu penggunaan semen lebih banyak, untuk mengurangi pemakaian semen dan memanfaatkan limbah maka pada pembuatan *mix-design* perlu adanya variasi yaitu menambahkan *fly-ash* dan *water reducer & retarding*.

Fly-ash juga berguna untuk menutup pori-pori kecil yang ada pada beton mutu tinggi sehingga beton lebih rapat, selain itu juga ada penambahan bahan kimia berupa

Water Reducer and Retarding, bahan tambahan ini mempunyai fungsi ganda yaitu untuk memperlambat proses ikatan material dan mengurangi kadar air (water content).

Penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan *fly-ash* dan *Water Reducer and Retarding* untuk pembuatan beton mutu tinggi sebagai bahan konstruksi gedung. Penelitian ini juga diharapkan untuk mendapatkan mutu tekan yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Berapa komposisi *fly-ash* dan *Water Reducer and Retarding* pada campuran beton mutu tinggi untuk bangunan gedung agar mendapatkan kuat tekan rata-rata maksimum ?
- 2) Apa pengaruh penambahan *fly-ash* dan menambahkan *Water Reducer and Retarding* pada beton mutu tinggi untuk bangunan gedung ?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui komposisi *fly-ash* dan *Water Reducer and Retarding* pada campuran beton mutu tinggi untuk bangunan gedung agar mendapat kuat tekan maksimum.
2. Mengetahui pengaruh penambahan abu terbang *fly-ash* dan *Water Reducer and Retarding* pada beton mutu tinggi untuk bangunan gedung.

1.4 Manfaat

- 1) Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi ilmu teknologi beton dan mengetahui pengaruh yang terjadi akibat penambahan zat tambah *fly-ash* dan *Water Reducer and Retarding* pada campuran beton.
- 2) Penelitian ini diharapkan agar mengetahui campuran komposisi beton dengan menambahkan *Water Reducer and Retarding* dan *fly-ash*, untuk mendapatkan kuat tekan maksimum.
- 3) Bagi mahasiswa, penelitian ini dapat menjadikan wawasan pengetahuan tentang *mix design* beton mutu tinggi untuk digunakan pada bangunan gedung.
- 4) Bagi perusahaan yang bergerak dibidang *ready-mix* hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pembuatan campuran beton mutu tinggi.
- 5) Sebagai arsip diperpustakaan Univesitas Yudharta agar dapat dibaca bagi mahasiswa Univesitas Yudharta khususnya mahasiswa teknik sipil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Relevan

Penelitian ini mengenai pembuatan *mix-disegn* beton mutu tinggi berbasis eksperimen, berdasarkan esplorasi peneliti, ditemukan beberapa tulisan yang berkaitan dengan penelietian ini.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1	(Marthinus et al., 2015)	Pengaruh Penambahan Abu Tebang (<i>Fly-Ahs</i>) terhadap kuat tarik belah beton	Kombinasi penggunaan <i>fly-ash</i> dengan komposisi 30%, 40%, 50%, 60%, 70%. Memiliki nilai kuat belah maksimum pada prosentase abu terbang (<i>fly-ash</i>) 30% sebesar 3,21 MPa pada umur 28 hari, nilai kuat tarik belah terendah pada 70% sebesar 0,82 MPa.

2	(Ervianto et al., 2016)	Kuat tekan beton mutu tinggi menggunakan bahan tambah abu terbang (fly-ash) dan zat aditif (bestmittel)	Variasi penambahan <i>fly-ash</i> 5%, 7,5%, dan 10% dan menggunakan zat kimia <i>Bestmittlte</i> . Mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan disetiap variasi 31,29 MPa; 31,19 MPa; 30,85 MPa. Menyimpulkan bahwa dengan semakin banyak <i>fly-ash</i> maka semakin turun kuat tekan beton tersebut.
3	(Y. Nugraha et al., 2017)	Pengaruh variasi bahan tambah abu sekam padi dan zat additif bestmittle 0,5% terhadap kuat tekan beton mutu tinggi	Variasi penambahan abu sekam padi 5%, 10%, 15% dan menambahkan zat kimia <i>Bestmittlte</i> . Mendapatkan nilai rata-rata kuat tikan di setiap variasi 32,32 Mpa; 31,34 Mpa; 27,71 Mpa. Menyimpulkan bahwa semakin banyak penggunaan abu sekam padi semakin turun kuat tekan beton tersebut.

Sumber: Pengamatan peneliti

Dari beberapa tabel penelitian terdahulu diatas, yang membedakan penelitian ini adalah jenis zat tambah kimia yang dicampurkan dalam proses pembuatan beton mutu tinggi yaitu zat kimia tipe D atau *Water Reducer and Retarder (WRR)*. *Water Reducer and Retarder* adalah suatu bahan tambah kimia yang berfungsi untuk mengurangi kadar air dan memperlambat waktu pengikatan.

2.2 Landasan Teori

a) Beton

Beton adalah campuran dari beberapa material antara lain semen portland, agregat kasar, agregat halus dan air, dan atau tanpa menggunakan bahan tambahan yang mempunyai bentuk berupa masa padat (SNI 03-2834-2000, 2000).

Pada saat ini beton sangat dominan dijadikan sebagai setruktur utama untuk dijadikan berbagai bangunan baik jalan, jembatan, dan bangunan karena baeton memiliki banyak keunggulan, adapun keunggulan beton sebagai berikut :

1. Ketersediaan (*evailability*) matrial dasar.

Jadi salah satu keunggulannya adalah kesediaan matrial dasar seperti agregat, pasir, air, semen semuanya pada umumnya bisa didapat didaerah lokal setempat.

2. Kemudahan utuk digunakan

Pengangkutan atau mobilisasi bahan mudah, karena masing-masing bahan bisa diangkut secara terpisah. Sifat beton yang fleksibel pada saat cair dapat berubah sesuai dengan cetakan yang diinginkan

3. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*)

Beton memiliki sifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja, beton juga dapat dicetak dengan bentuk apapun. Beton dapat diproduksi dengan berbagai macam cara yang disesuaikan dengan kondisi sekitar proyek dilaksanakan.

4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal

Secara umum ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat sehingga tidak memerlukan dicat seperti setruktur baja, da lebih tahan terhadap bahaya kebakaran. (Supriadi et al., 2017).

Masalah yang yang sering dihadapi oleh seorang peneliti adalah bagaimana cara merencanakan komposisi bahan-bahan penyusun beton agar dapat memenuhi spesifikasi teknik yang dikehendaki. Tidak cukup hanya itu saja untuk memperoleh kuat tekan yang diharapkan, berikut ini adalah beberapa parameter yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton antara lain :

1. Kualitas semen.
2. Proposi semen terhadap campuran.
3. Kekuatan dan kebersihan agregat.
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen denga agregat.
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan yang benar.
7. Perawatan beton.
8. Kandungan klorida tidak diperbolehkan melebihi 0,15% untuk beton yang diekspos dan 1% untuk beton yang tidak di ekspos (SNI 03-2854-1992, 1992).

b) Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah sebuah tipe beton yang memiliki performa tinggi dimana untuk kuat tekannya diatas 40 Mpa. Beton mutu tinggi merupakan salah satu bentuk pengembangan beton yang eksistensi penggunaan beton pada saat ini sangat pesat dan sebagai struktur dasar berbagai bentuk bangunan sipil. Beton mutu tinggi sering digunakan pada jenis beton pracetak atau pratekan.

Untuk mencapai beton mutu tinggi yang berhubungan dengan kuat tekan dan keawetan beton, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan agar bisa mencapai beton mutu tinggi yaitu :

1. Faktor Air Semen (FAS).
2. Kualitas Agregat Halus (Pasir).
3. Kualitas agregat kasar.
4. Bahan tambah.
5. Kontrol kualitas.

Tabel 2.2 Berbagai Beton Mutu Tinggi

Jenis	Faktor air semen	Kuat 28hari (Mpa)	Catatan
Konsistensi normal	0,35-0,40	35-80	Slump 50-100 mm
No-slump	0,30-0,45	35-50	Selump < 25 mm
w/c rendah	0,20-0,35	100-170	Pakai admixtures
Compated	0,05-0,30	70-240	Tekanan > 70 Mpa

Sumber: (P. Nugraha & Antoni, 2004)

c) Semen Portland (PC)

Menurut Kardioyono didalam (Hernando, 2009) semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran antara bahan-bahan yang mengandung alumina, silika, oxid besi serta kapur), dan batu gips juga digunakan sebagai bahan Bubuk halus tersebut apabila dicampur dengan air kemudian ditunggu selang beberapa waktu dapat menjadi massa yang keras dan biasanya digunakan sebagai bahan pengikat hidrolis.

Keterangan Semen Portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SNI 15-2049-2004, 2004) yaitu:

1. Jenis I Semen Portland digunakan pada penggunaan biasa, yang artinya tidak membutuhkan persyaratan khusus seperti pada jenis semen portland lainnya.
2. Jenis II Semen Portland sering digunakan untuk konstruksi yang dalam penggunaannya membutuhkan unsur sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kuat tekan pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV Semen Portland yang biasanya dalam penggunaannya akan membutuhkan kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V Semen portland digunakan untuk struktur yang membutuhkan ketahanan tinggi terhadap unsur-unsur sulfat.

d) Air

Air merupakan salah satu unsur penting dalam pembuatan beton, hal ini dikarenakan air dapat bereaksi terhadap semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air akan berpengaruh terhadap campuran beton pada :

- a. Sifat kinerja (workability) pada adukan beton.
- b. Besar kecilnya kondisi susut beton setelah pada kondisi kering atau padat.
- c. Kecepatan reaksi ikatan terhadap semen portland, sehingga menghasilkan kekuatan dalam waktu tertentu.
- d. Untuk masa perawatan (curing) terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Penggunaan air secara umum untuk adukan beton mempunyai syarat harus bersih dan tidak diperbolehkan adanya kandungan minyak, asam, alkali, zat organik maupun zat lainnya yang dapat merusak struktur beton maupun baja pada beton bertulang. Untuk melindungi terhadap faktor korosi dibutuhkan konsentrasi dari kandungan ion klorida yang terdapat dalam beton pada umur 28 hari yang dihasilkan dan bahan campuran termasuk air, agregat, semen, dan bahan campuran tambahan lainnya tidak diperbolehkan melebihi batasan sesuai dengan tabel 2.3.

Tabel 2.3 Batas Maksimum Ion Klorid

Jenis Beton	Batas %
Beton pra-tekan	0,06
Beton bertulang yang selamanya berhubungan dengan klorida	0,15
Beton yang selamanya yang kering atau terhindar dari basah	1,00
Konstruksi beton lainnya	0,30

Sumber: (SNI 03-2854-1992, 1992)

e) Agregat

Agregat merupakan butiran mineral yang dihasilkan atas disintegrasi alami batuan atau juga dapat berupa hasil pemecahan batu alami dengan mesin pemecah batu. Agregat merupakan salah satu material pengisi pada beton yang memiliki peranan sangat penting terhadap mutu beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga didalam menentukan takaran agregat adalah salah satu faktor penting dalam pembuatan campuran beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus dimana agregat tersebut diperoleh dari cara alami maupun buatan.

Mengingat harga agregat lebih murah dibandingkan dengan semen maka akan lebih ekonomis apabila kapasitas agregat diperbesar selama secara teknis memungkinkan, dan kandungan semennya minimum. Meskipun dulu agregat sebagai material pasif, berperan sebagai pengisi saja, kini disadari adanya kontribusi ketahanan umum (*durability*) diakui. Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat, seperti kepadatan, panas jenis, dan modulus elastisitas (P. Nugraha & Antoni, 2004)

Agregat kasar dapat berupa pecahan batu (koral), pecahan kerikil atau kerikil alami yang memiliki ukuran butiran antara 5 mm sampai dengan 40 mm. Ukuran butiran maksimum dari agregat kasar untuk beton bertulang ditentukan agar agregat tersebut dapat mengisi cetakan dari struktur dan lolos terhadap celah-celah yang terletak antara tulangan baja. Sedang berat jenisnya agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan, yaitu agregat normal, agregat berat dan agregat ringan (Hernando, 2009).

Sedangkan berdasarkan ukuran gradasinya agregat halus dapat dikelompokkan menjadi empat golongan, antara lain pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus dan pasir halus. Adapun agregat halus (pasir) yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Kadar lumpur Atau bagian butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no 200) dalam % berat maksimum:
 - Untuk beton yang mengalami abrasi, 3 %.
 - Untuk beton jenis lainnya, 5.0 %.
- b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan (Friable partikel), maksimum 0,5 %.
- c. Kandungan arang dan lignit
- d. Bebas dari zat organik yang merugikan beton.
- e. Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat halus digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinnya dihitung setara Natrium Oksida ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$) tidak lebih dari 0,6 %, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaiannya yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.
- f. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat
 - 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian hancur maksimum 10 %.
 - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian hancur maksimum 15 %.
- g. Susunan besar butir (grading) Agregat halus harus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas berikut :

Tabel 2.4 Persentase lolos agregat pada ayakan

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos komulatif
9,60	100
4,80	95 – 100
2,40	80 – 100
1,20	50 - 85
0,60	25 – 60
0,30	10 – 30
0,15	2 -10

Sumber : (SNI 03-2847-2002, 2002)

f) Bahan Tambah Kimia

Bahan tambahan beton adalah bahan matrial selain bahan pokok pembuatan beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus, dan air baik berupa butiran halus (bubuk) maupun cairan yang nantinya dicampurkan pada adukan beton. Tujuan dari diberikannya bahan tambahan adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu beton masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah ini biasanya ditambahkan dalam takaran tertentu agar tidak berlebihan karena dapat memperburuk sifat beton. Berdasarkan sifat-sifat beton yang perlu diperbaiki antara lain kecepatan hidrasi atau waktu pengikatan antara semen dengan agregat, kemudian faktor pengerjaan pengecoran, serta kemampuan terhadap kekedapan air (Hernando, 2009).

Tipe-tipe bahan tambah kimia terdiri dari 7 jenis tipe antara lain (SNI 03-2495-1991, 1991):

1. Bahan Tipe A atau *Water Reducer* (WR) atau *plasticizer* yaitu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah kadar air pada adukan beton namun tetap akan menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
2. Bahan Tipe B atau *Retarder* yaitu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan adukan beton.
3. Bahan Tipe C atau *Accelerator* yaitu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton.
4. Bahan Tipe D atau *Water Reducer Retarder* (WRR) yaitu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran kadar air tetapi tetap menghasilkan beton sesuai dengan yang sudah direncanakan, serta bahan tersebut dipergunakan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.
5. Bahan Tipe E atau *Water Reducer Accelerator* yaitu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah kadar air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan adukan beton serta menambah kekuatan awal beton.
6. Bahan Tipe F atau *High Range Water Reducer (Superplasticizer)* yaitu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah kadar air campuran sebesar 12% atau lebih, namun tetap akan menghasilkan kuat beton sesuai dengan yang direncanakan.
7. Bahan Tipe G atau *High Range Water Reducer* (HRWR) yaitu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah kadar air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan kuat beton sesuai dengan konsistensi yang telah ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton

g) Bahan Tambah *Fly-ash*

Fly-ash adalah material yang dihasilkan dari sisa-sisa hasil pembakaran batu bara yang kemudian dialirkan dari ruang pembakaran melewati pipa berupa ketel dalam bentuk semburan debu. Berdasarkan *ACI Committee 226 fly-ash* memiliki butiran yang sangat halus, dimana *fly-ash* tersebut harus lolos pada ayakan No 325 (45 mili mikron) sebesar 5-27%, dengan spesifikasi gravity antara 2,15-2,8 dan memiliki warna abu-abu kehitaman (Setiawati, 2018).

Tabel 2.4 Kandungan *Fly-ash* tipe F & C

Senyawa Kimia	Jenis F	Jenis C
Silikon dioksida (SiO ₂) + Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃) + Besi Oksida (Fe ₂ O ₃),	70,0	50,0

minimum %		
Sulfur Trioksida (SO ₃), maksimum %	5,0	5,0
Kadar Air, maksimum %	3,0	3,0
Kehilangan pijar, maksimum %	6,0	6,0

Sumber: (SNI 2460:2014, 2014)

h) Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara berat air dengan berat semen yang dipergunakan pada adukan beton. Faktor air semen sangat berpengaruh terhadap mutu kuat tekan beton, semakin tinggi faktor semen semakin rendah mutu kuat tekan beton dan semakin rendah faktor air semen maka semakin besar kuat tekan betonnya. Namun tidak menutup kemungkinan apabila faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu menjadikan kuat tekan beton semakin tinggi.

Besar faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam proses pengerjaan yaitu kesulitan dalam pelaksanaan proses pematatannya. Oleh sebab itu ada besaran faktor air semen yang optimum dapat menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya besar faktor air semen untuk beton normal berkisar antara 0,4 - 0,65 (Hernando, 2009).

Tabel 2.5 Jumlah Semen Minimum dan FAS Maksimum Untuk Berbagai Kondisi Beton

Kondisi Beton	Jumlah Semen Minimum Per M ³ Beton(kg)	Faktor Air Semen Maksimum
Beton dalam ruangan bangunan		
a. keadaan sekeliling non korosif	275	0,60
b. keadaan sekeliling korosif akibat kondensasi	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari air hujan dan terik matahari	325	0,60
b. terlindung dari air hujan dan terik matahari	275	0,60
Beton dalam tanah		
a. mengalami basah dan kering bergantian	325	0,55
b. mengandung pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55
a. mengalami basah dan kering bergantian	325	0,55

Sumber: (SNI 03-2834-2000, 2000)

i) Aplikasi SPSS

SPSS adalah salah satu program komputer yang digunakan untuk mengelola data statistik, dan pengoprasiaanya tidak begitu sulit. Pada awalnya SPSS dibuat untuk keperluan pengolahan data statistik untuk ilmu-ilmu sosial, sehingga kepanjangan SPSS itu adalah *Statistical Package for the Social Sciens*. Sekarang kemampuan SPSS diperluas untuk melayani berbagai jenis pengguna (user), seperti untuk

proses produksi di pabrik, riset ilmu sains dan lainnya. Dengan demikian, sekarang kepanjangan dari SPSS adalah *Statistical Product and Service Solutions*.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan adalah eksperimen dengan membuat *mix design* sebanyak 3 variasi, pembuatan benda uji dibuat dsalah satu laboratorium perusahaan *ready-mix* di Pasuruan. Pengujian beton dengan uji tes kuat tekan pada umur 28 hari, pengolahan datanya menggunakan metode statistik menggunakan aplikasi SPSS dengan metode ANOVA

a) Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan beton adalah:

1. Semen *Portland* (PC) Gresik Tipe I.
2. Agregat halus (pasir) diambil dari pasir Lumajang.
3. Agregat kasar (Krekil) di ambil dari penambangan batu Pasrepan.
4. Air dari sumber.
5. Bahan tambah *Fly-ash* dari PLTU Paiton Probolinggo.
6. Bahan tambah kimia *Water Reducer and Retarding*.

b) Alat-alat

Alat-alat yang digunakan penelitian ini adalah:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Timbangan. | 8. Kaliper. |
| 2. Satu set alat pemeriksaan agregat. | 9. Sekop kecil. |
| 3. Mesin aduk beton. | 10. Argo. |
| 4. Kerucut Abraham. | 11. Penggaris. |
| 5. Cetakan silinder. | 12. Ember. |
| 6. Tongkat menumbuk. | 13. Seperangkat alat kunci untuk silinder. |
| 7. Sekop besar. | 14. Plat besi. |

Tabel 3.1 Komposisi Akhir Campuran Beton Per 1M³

Nama matrial	Jumlah (kg)
Semen	468,75
Pasir	695,5
Batu	1038,75
Air	225

Sumber: Hasil Analisa

Dari tabel yang dihasilkan di atas,di kelolah lagi agar mendapatkan kuat tekan beton secara maksimum dengan membagi setiam *mix-design* agregat kasar dengan ukuran 05-10 sebanyak 20%, dan 10-20 sebanyak 80%. Dengan pembagian agregat kasar ukuran 05-10 sebanyak 20%, diharapkan agar beton semakin solid dan memper kecil pori-pori beton sehingga dapat menambah kuat tekan

Tabel 3.2 Fariasi Campuran Beton yang Akan di Buat

Matrial	TMI 0%fly ash	TMII 10%fly ash	TMIII 15% Fly ash
Semen	468,75	421,88	398,44
Air	159,75	159,75	159,75
Pasir	692,5	692,5	692,5
AGG 10-20	831	831	831
AGG 05-10	207,75	207,75	207,75
Fly ash	-	46,88	70,3
Zat Kimia	1,16	1,16	1,16

Sumber: Hasil Analisa

4. Analisa Kuat Tekan

Setelah dilakukan pembuatan benda uji serta melakukan perawatan, maka selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut, dimana pengujian dilakukan setelah benda uji mempunyai umur 28 hari, dengan kuat tekan yang direncanakan 40Mpa sebanyak 60 sampel dari keseluruhan variasi, masing-masing variasi ada 20 sampel dengan pemberian bahan pengganti *fly-ash* sebesar 0%, 10%, dan 15% dan penambahan *Water Reducer and Retarding* sebanyak 1,16 ml asing-masing setiap variasi.

Dari hasil pengujian dapat dilihat seperti tertera dalam tabel 4.1 dibawah ini, disimpulkan bahwa kuat tekan beton rata-rata tertinggi terdapat pada campuran beton TM 2 campuran beton penggantian sebagian semen dengan *fly-ash* 10% yaitu sebesar 58,05 Mpa, dan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada campuran beton TM 3 campura beton sebagian semen dengan *fly-ash* 15% yaitu sebesar 44,27 Mpa. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa TM 2 campuran beton pengganti sebagian semen dengan *fly-ash* 10% memiliki kuat tekan rata-rata lebih tinggi dibanding dengan variasi TM 1 dan TM 3.

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton
One-Sample Test**

NAMA	Test Value = 0						
	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	F'c (Mpa)	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
TM1	42.571	19	.000	795.60000	55,34	756.4839	834.7161
TM2	74.965	19	.000	834.00000	58,05	810.7148	857.2852
TM3	35.337	19	.000	636.25000	44,27	598.5643	673.9357

Sumber: Hasil Analisa

Pengaruh *fly-ash* sebagai bahan pengganti sebagian semen sangat berpengaruh terhadap mutu kuat tekan terhadap beton, karena kandungan yang ada didalam *fly-ash* seperti *silika* dapat mengakibatkan terjadi reaksi pengikatan kapur bebas dalam proses hidrasi. Selain itu, manfaat *fly-ash* pada saat beton basah dengan sifat butiran *fly-ash* yang jauh lebih kecil membuat beton lebih padat dan solid karena rongga yang terkecil antara butiran agregat diisi oleh *fly-ash*, sehingga dapat memperkecil pori-pori beton, dan dapat meningkatkan *workability*. Manfaat *fly-ash* pada beton yang sudah mengeras dapat mengurangi penyusutan beton, dan meningkatkan mutu kuat tekan, karena beton yang ditambah *fly-ash* menambah kepadatan. Sehingga *fly-ash* dapat menambah kekuatan dan mengurangi rongga-rongga beton dibanding dengan beton normal.

Tabel 4.2 Perbandingan Antara TM 1 Dengan TM 2

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	45974.000	17	2704.353	5.112	.176
Within Groups	1058.000	2	529.000		
Total	47032.000	19			

Sumber: Hasil Analisa

Dari tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa perbandingan antara TM 1 tanpa *fly-ash* dengan TM 2 yang menggunakan *fly-ash* sebesar 10% menghasilkan rata-rata 834 KN dengan standart deviasi 497,5 Dengan nilai F hitung sebesar 5,112 lebih besar dari F tabel sebesar 3,59.

Tabel 4.3 Perbandingan Antara TM 1 Dengan TM 3

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	121981.250	17	7175.368	11.836	.081
Within Groups	1212.500	2	606.250		
Total	123193.750	19			

Sumber: Hasil Analisa

Dari tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa perbandingan TM 1 tanpa *fly-ash* dengan TM 3 yang menggunakan *fly-ash* sebesar 15% menghasilkan rata-rata 636 KN dengan standart deviasi 805,2. Dengan nilai F hitung sebesar 11.836 lebih besar dari F tabel sebesar 3,59.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a) Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan penelitian yang telah diuraikan diatas, dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil pegujian kuat tekan beton dengan menggunakan sampel berbentuk silinder berukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm. Maka didapatkan nilai kuat tekan untuk TM 1 nilai rata-rata kuat tekan 795 KN atau 55,34 MPa, dengan kuat tekan maksimum 988 KN dan yang paling rendah 650 KN. Untuk TM 2 mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan 834 KN atau 58,05 MPa dengan kuat tekan maksimum 970 KN, minimumnya 750 KN. Untuk TM 3 mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 636 KN atau 44,27 MPa dengan kuat tekan maksimum 810 KN dan minimumnya 520 KN. Maka pada hasil penelitian ini TM 2 yang menggunakan *fly-ash* 10% dari berat semen dan bahan kimia tipe D *Water Reducer and Retarder* sebesar 1,16 ml, mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi yaitu sebesar 834 kn atau 83,4 MPa, sudah melampoi target yang direncanakan yaitu beton mutu tinggi sebesar 40MPa, dengan mengggati sebesar 10% *fly-ash* dari berat semen bisa menghasilkan beton mutu sangat tinggi sebesar 83,4 MPa.
2. Maka dengan menggunakan TM 2 yang memakai *fly-ash* 10% dari berat semen dan zat kimia tipe D *Water Reducer and Retarder* sebesar 1,16 ml,
3. Menambah kuat tekan rata-rata sebesar 58,05 Mpa dengan *standart deviation* 49,7 menunjukkan penyebaran data kuat tekan lebih stabil. Dari pada beton variasi TM 1 atau beton normal yang memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 55,34 Mpa dengan *standart deviatiaon* sebesar 83,57 penyebaran data kuat tekan lebih luas menunjukkan nilai rata-rata kurang stabil. Dari perbandingan antara TM1 dengan TM 2 memiliki nilai F hitung sebesar 5,112 lebih besar dari F tabel sebesar 3,59, dengan hasil jarak antara F tabel dengan F hitung lebih dekat maka prosesntase kesalahan semakin sidikit.

b) saran

Ada beberapa saran yang dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan *fly-ash* dan zat kimia tipe D *Water Reducer and Retarding* dengan variasi lebih banyak agar dapat mencapai kuat tekan lebih maksimal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggantian zat kimia jenis lain terhadap kuat tekan beton mutu tinggi.
3. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggantikan bahan tambah *fly-ash* dengan bahan tambah lain seperti abu pembakaran sampah organik atau serabut kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ervianto, Moch., Saleh, F., & Prayuda, H. (2016). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (Fly Ash) Dan Zat Adiktif (Bestmittel). *Sinergi*, 20(3), 199–206. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2016.3.005>
- Hernando, F. (2009). *Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Superplasticizer Dan Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Fly Ash* [Tugas Akhir]. Universitas Islam Indonesia.
- Marthinus, A. P., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(1), 1-8.
- Nugraha, P., & Antoni. (2004). *Teknologi Beton*. CV. ANDI.
- Nugraha, Y., Prayuda, H., & Saleh, F. (2017). Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Zat Adiktif Bestmittel 0,5% Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 20(2), 116–124.
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 17, 1–8.
- SNI 03-2495-1991. (1991). Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton. In *Yayasan LPMB Bandung*.
- SNI 03-2834-2000. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. In *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*.
- SNI 03-2847-2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 03-2854-1992. (1992). Spesifikasi Kadar Ion Klorida dalam Beton. In *Yayasan LPMB*.
- SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland. In *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*.
- SNI 2460:2014. (2014). *Spesifikasi Abu Terbang Batubara Dan Pozolan Alam Mentah Atau Yang Telah Dikalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton*.
- Supriadi, Dewi, S. H., & Harmiyati. (2017). Perbandingan Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan 4 Cara Perawatan. *Jurnal Saintis*, 17(2), 58–65.